

СЛОЖНАЯ КИНЕТИКА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ F-ЦЕНТРОВ В СИЛЬНО ОБЛУЧЕННОМ АНИОНОДЕФИЦИТНОМ КОРУНДЕ И ЕЕ СВЯЗЬ СО СТЕПЕНЬЮ ЗАПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛОВУШЕК

Абашев Р.М.^{1,2*}, Сюрдо А.И.^{1,2}

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: abashevrn@mail.ru

COMPLEX KINETICS PHOTOLUMINESCENCE F CENTERS IN STRONGLY IRRADIATED ANION-DEFICIENT CORUNDUM AND ITS CONNECTION WITH THE DEGREE OF FILLING ELECTRON TRAPS

Abashev R.M.^{1,2*}, Surdo A.I.², Milman I.I.²

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ekaterinburg, Russia

Annotation. In anion-deficient corundum a significant change in the photoluminescence kinetics of F centers was found. Along with the conditionally fast component with a time constant $\tau_F = 36$ ms, a slower component with $\tau_{slow} > 50$ ms was registered. The value depends on the measurement temperature as well as on the degree of population of the electron traps. On the basis of the data obtained, physical and mathematical models have been proposed that describe recombination processes involving F centers.

В облученных большими дозами ($D > 100$ Гр) кристаллах анионодефицитного корунда ($\alpha - Al_2O_{3-\delta}$) обнаружено существенное изменение кинетики фотолюминесценции (ФЛ) F-центров (анионная вакансия с двумя электронами) в зависимости от температуры пошагового отжига в диапазоне 295-1400 К. Наряду с известным условно быстрым компонентом, имеющим постоянную времени $\tau_F = 36$ мс и характеризующим время жизни F-центра в возбужденном состоянии, появляется и исчезает более медленный компонент с $\tau_{slow} > 50$ мс. Величина τ_{slow} зависит от температуры измерения (T) в области 290-700 К. На рис. 1 изображена итоговая картина температурных изменений условно быстрого (кривая 1) и медленного (кривая 2) компонентов кинетик затухания ФЛ F-центров при $h\nu_{em} = 3.0$ эВ и $h\nu_{ex} = 5.9$ эВ. С целью сопоставления на нее наложена термолюминесцентная (ТЛ) кривая (кривая 3), измеренная при скорости нагрева $\beta = 0.3$ К/с, которая примерно равна средней скорости ступенчатого нагрева при исследовании кинетик затухания ФЛ F-центров.

Как видно из рис. 1, медленные компоненты в кинетиках начинают проявляться в виде пьедестала на низкотемпературной стороне основного пика. Примерная оценка τ_{slow} в этой области, например при $T = 410$ К, дает величину $\sim 10 \pm 7$ с.

В максимуме пика и на высокотемпературной его части величина τ_{slow} сначала уменьшается, затем стабилизируется и составляет $\sim 1.7 \pm 0.3$ с (см. рис. 1, кривая 2). Далее с ростом T до 650 К, т.е. непосредственно перед ТЛ-пиком электронной природы при 720 К, величина τ_{slow} падает до нуля. Аналогичное поведение зависимости $\tau_{slow}(T)$ наблюдается между низкотемпературным и основным пиками в области 290-370 К, имеющими также электронную природу (см. рис. 1, кривая 2). Обнаруженная закономерность в виде определенной стабилизации $\tau_{slow}(T)$ на высокотемпературных частях пиков при 260 и 430 К ($\beta = 0.3$ К/с) дает основание полагать, что возникает некое динамическое равновесие между процессами опустошения и заполнения соответствующих ловушек.

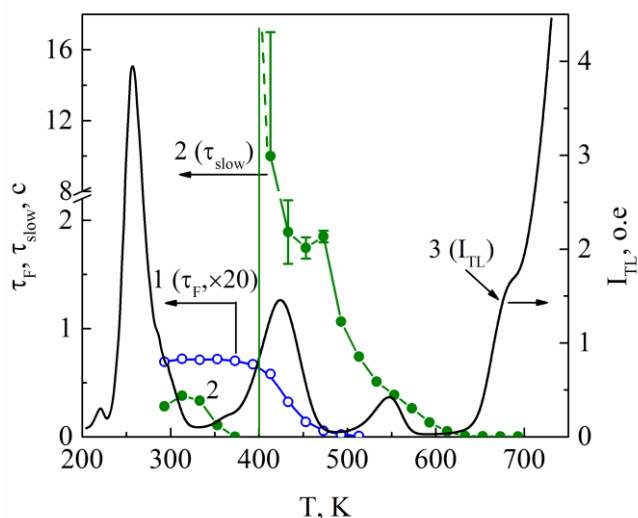


Рис. 1. Температурные зависимости условно быстрого τ_F (1) и медленного τ_{slow} (2) компонента ФЛ F-центров при $h\nu_{em} = 3.0$ эВ и $h\nu_{ex} = 5.9$ эВ в образце $\alpha - Al_2O_{3-\delta}$, а также кривая ТЛ, измеренная при $\beta = 0.3$ К/с (3)

Вклад медленного компонента в высвечиваемую светосумму также изменяется от температуры пошагового отжига T_a . Он максимален при $T_a = 300-400$ К, т.е. до термовысвечивания основного ТЛ-пика при 450 К, а его вклад в ~ 2 раза выше, чем вклад от быстрого компонента. На основании полученных данных люминесцентно-кинетических свойств активных центров, изменения их концентрации при пошаговом отжиге, а также данных об активности и заселенности электронных ловушек и прямых измерений высокотемпературной ТЛ предложены физическая и математическая модели, описывающие рекомбинационные процессы с участием центров F-типа. Показано, что данные модели успешно описывают сложную кинетику затухания люминесценции F-центров и позволяют прогнозировать изменения их ФЛ-выхода при варьировании концентрации F- и F^+ -центров, а также активности и степени заселенности электронных ловушек.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-08-00093-а).